

Для установления комплекса работ по рекультивации и дальнейшего моделирования учитываются социальные, экологические, климатогеографические взаимосвязи, определяющие ход действий исследователя, и в итоге возможно принятие решения по восстановлению нарушенной экосистемы.

Таким образом, разработка функциональной модели рекультивации земель позволяет определить полный комплекс работ для ресурсного потенциала терриконов. Представляется возможным проектирование информационной системы для автоматизации процесса обработки собранной информации, составления отчетов.

Библиографический список:

1. Кравченко А. В., Драгунова Е. В., Кириллов Ю. В. Моделирование бизнес-процессов : учеб. пособие. – Новосибирск : НГТУ, 2020. – 136 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/152364> (дата обращения: 05.11.2020).

2. Смотрова, Е. Е. Системный анализ : учеб. пособие. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. – 152 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/76654> (дата обращения: 05.11.2020).

3. Силич М. П., Силич В. А. Основы теории систем и системного анализа : учебное пособие. – М. : ТУСУР, 2013.–340 с. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/110400> (дата обращения: 05.11.2020).

УДК 630.377

А. А. Гарипова, И. Н. Кручинин
(А. А. Garipova, I. N. Kruchinin)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Yekaterinburg)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СВЯЗЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА (IMITATION MODELING OF TRANSPORT LINKS DURING THE REPAIR OF CEMENT CONCRETE COVERINGS AT THE ENTERPRISES OF THE FOREST INDUSTRIAL COMPLEX)

Представленная работа предназначена для анализа транспортных связей на лесных складах. Содержит решение для оценки наименьшего

времени простоев транспортного оборудования и выбора методов ремонтов цементобетонных покрытий.

The presented work is intended for the analysis of transport links in timber yards. Contains a solution for assessing the least downtime of transport equipment and the choice of methods for repairing cement concrete pavements.

Современный лесопромышленный комплекс РФ отличается значительным объемом транспортно-переместительных операций с лесоматериалами [1, 2]. Эффективность транспортно-складских работ определяется применяемой технологией и схемой транспортной системы складов. Существует значительное количество различных вариантов построения транспортных систем (ТС) лесных складов.

Минимизация простоев оборудования и эффективность работы ТС в значительной степени зависят не только от выбранного алгоритма управления транспортно-производственной системой, но и транспортно-эксплуатационных показателей подъездных и площадочных путей.

В то же время приведение их в нормативное состояние невозможно без проведения ремонтно-восстановительных работ. Однако в условиях ограничения времени ремонтов и специфических условиях формирования структурной прочности цементобетонных покрытий нахождение такого алгоритма требует точного знания о затратах времени на выполнение тех или иных транспортно-переместительных операций. Для нахождения указанных затрат были рассмотрены структурные временные связи ТС, а их оценки были использованы при выборе технологий ремонтов цементобетонных покрытий.

Транспортные связи складов таковы, что в сферу обслуживания ТС входят места загрузки лесоматериалов и пункты разгрузки продукции, прошедшей обработку. Конечным пунктом разгрузки может являться штабель продукции или конкретный вид перерабатывающего оборудования. Функциональными элементами ТС, определяющими структуру его временных связей, являются:

транспортное средство, перемещающее лесоматериал в определенную позицию по заданному адресу (N_i , $i = 0, 1, 2$), которое может, таким образом, находиться в трех конечных положениях: у штабеля погрузки (K_0), у первого (K_1) и второго (K_2) пунктов разгрузки (соответственно адреса N_0 , N_1 , N_2). Исходным K считается положение, когда ТС находится в нулевом адресе;

грузозахватное устройство, обеспечивающее передачу лесоматериалов с ТС либо на ТС материалов.

Совокупность рассмотренных устройств образует транспортно-производственную систему, в процессе работы которой каждый выделен-

ный элемент в заданной последовательности может занимать определенное состояние. В работе [3] подробно рассмотрен ориентированный граф, отображающий множество допустимых и запрещенных конечных состояний элементов ТС. Налагаемые ограничения определяются техническими возможностями и избранной компоновкой склада [3].

В совокупности все отмеченные устройства в процессе работы принимают множество состояний. Рассматривая временные связи как временную последовательность конечных состояний, можно выявить временную структуру ТС.

При имитационном моделировании система работала по следующему алгоритму:

транспортная система:

$$(N_0K_0 \vee N_1K_1 \vee N_2K_2)HA \quad \bar{K};$$

грузозахватное устройство:

$$\begin{aligned} HN_0K_0 \vee (N_1K_1 \vee N_2K_2)P_c \quad A_1 \bar{A}_2; \\ (N_0K_0 \vee (N_1K_1 \vee N_2K_2) \bar{H} \quad \bar{A}_1 A_2; \\ \bar{A} \quad A_1 A_2; \end{aligned}$$

средство погрузки-разгрузки:

$$\begin{aligned} S_1 \bar{U} \quad C_1 \bar{C}_2; \quad \bar{C} \quad \bar{C}_1 \bar{C}_2; \\ S_2 \bar{U} \quad \bar{C}_1 C_2; \end{aligned}$$

установочное приспособление:

$$\begin{aligned} P_c S_1 \vee P_s S_2 \quad \bar{U}; \\ P_s S_1 \vee P_c S_2 \quad U; \end{aligned}$$

установка:

$$\begin{aligned} U P_s \quad \bar{S}; \\ U P_s \quad S. \end{aligned}$$

где H – ТПС во включенном состоянии; N_i – адрес доставки ТПС (i равно 0, 1, 2), K_i – пункты загрузки, разгрузки, P_c , P_s – положение изделия соответственно на ТС, на установочном приспособлении (стрелка – символ перехода в состояние).

Для оценки эффективности работы ТС были избраны следующие показатели:

- коэффициент занятости

$$K_p = \frac{T_0}{T_0 + T_H};$$

- коэффициент использования

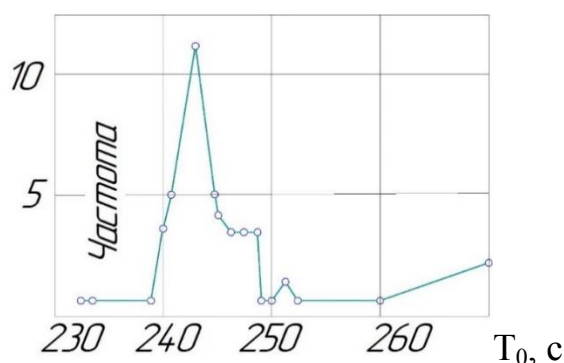
$$K_H = \frac{T_0 + T_H}{T_0 + T_H + T_{\Pi}},$$

где T_0 – транспортное время, затрачиваемое на выполнение ТС своей целевой функции;

T_H – непроизводительное время, затрачиваемое на холостые пробеги;

T_{Π} – время вынужденных простоев от ремонтов покрытия.

На рисунке представлена зависимость частоты циклов от транспортного времени.



Зависимость частоты циклов от транспортного времени

Анализ рассмотренного алгоритма управления показал, что $K_p = 0,68$; $K_H = 0,83$. Следовательно, на транспортные операции может уходить более 30 % времени работы и около 20 % времени может быть затрачено на вынужденные простои, связанные с ухудшением транспортно-эксплуатационного состояния покрытий подъездных путей.

Выходом из создавшейся ситуации является применение ремонтных материалов цементобетонных покрытий с иными физико-механическими характеристиками. Речь идет об магнезиально-фосфатных цементах (МФЦ), которые известны высокой ранней прочностью, долговечностью и

высокими показателями сцепления [4]. Химическая реакция в магниально-фосфатной системе сильно экзотермична, с большим количеством выделяемого тепла, что влияет на время схватывания и повышение температуры при гидратации, т. е. возможно использовать МФЦ при низких температурах.

Только применение паст и растворов на основании МФЦ позволяет решить проблему ремонтно-восстановительных работ в найденном временном диапазоне без изменения коэффициента использования ТС, а также провести ремонты цементобетонных покрытий в условиях отрицательных температур.

Разработанная математическая модель транспортных работ позволила получить точное представление о транспортно-временных связях ТС на предприятиях лесопромышленного комплекса, а ее решение использовалось для оптимизации ремонтно-восстановительных работ цементобетонных покрытий на лесных складах.

Библиографический список

1. Рукомойников К. П., Мохирев А. П. Обоснование технологической схемы лесозаготовительных работ путем создания динамической модели функционирования предприятия // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 4 (370). – С. 94-107.
2. Кручинин И. Н. Транспортно-производственная система лесного комплекса: монография. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. – 154 с.
3. Иванников В. А., Пильник Ю. Н., Ермолов Ю. В. Прогностно-аналитическое моделирование технико-экономических показателей в региональных лесотранспортных системах // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 3. – С. 138–144.
4. Ma C. & Chen B. Properties of magnesium phosphate cement containing redispersible polymer powder // Construction and Building Materials. – 2016. – 113. – 255–263. – URL: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.03.053> (дата обращения: 15.10.2020). – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061816303488> (дата обращения: 16.10.2020).